

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

REC'D 07 DEC 2004

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 54 205.1

Anmeldetag: 20. November 2003

Anmelder/Inhaber: Leybold Vakuum GmbH, 50968Köln

Bezeichnung: Verfahren zur Steuerung eines Antriebsmotors
einer Vakuum-Verdrängerpumpe

IPC: F 04 B 37/14

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. August 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

**PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Agurk

Patentanwälte Patent Attorneys
VON KREISLER SELTING WERNER

Deichmannhaus am Dorn
D-50667 KÖLN

von Kreisler Selting Werner · Postfach 10 22 41 · D-50462 Köln
P.O. Box

Leybold Vakuum GmbH
Bonner Straße 498

D-50960 Köln

Patentanwälte
Dipl.-Chem. Alek von Kreisler
Dipl.-Ing. Günther Selting
Dipl.-Chem. Dr. Hans-Karsten Werner
Dipl.-Chem. Dr. Johann F. Fues
Dipl.-Ing. Georg Dallmeyer
Dipl.-Ing. Jochen Hilleringmann
Dipl.-Chem. Dr. Hans-Peter Jönsson
Dipl.-Chem. Dr. Hans-Wilhelm Meyers
Dipl.-Chem. Dr. Thomas Weber
Dipl.-Chem. Dr. Jörg Helbing
Dipl.-Ing. Alexander von Kirschbaum
Dipl.-Chem. Dr. Christoph Schreiber

Unser Zeichen:
031622de/Sg-Eb/scs

Köln,
19. November 2003

Verfahren zur Steuerung eines Antriebsmotors
einer Vakuum-Verdrängerpumpe

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Steuerung eines Antriebsmotors einer Vakuum-Verdrängerpumpe sowie auf eine Vakuum-Verdrängerpumpe mit einer Steuerung ihres Antriebsmotors.

Vakuum-Verdrängerpumpen sind beispielsweise Membranpumpen, Drehschieberpumpen, Kolbenpumpen oder Rootspumpen und werden häufig als Vorvakuum-pumpen in Kombination mit einer Hochvakuum-pumpe eingesetzt. Eine Besonderheit der genannten Vakuum-Verdrängerpumpen ist, dass der durch sie erreichbare Enddruck, also der Vorvakuumdruck in hohem Maße drehzahlabhängig ist, wobei die Drehzahl bei hohen Eingangsdrücken hoch und bei niedrigen Eingangsdrücken niedrig sein muss, um ein optimales Saug-

vermögen zu realisieren. Dies ist dadurch zu erklären, dass bei niedrigen Eingangsdrücken aufgrund der geringen Differenz zwischen Eingangsdruck und Saugdruck im Arbeitsraum die Füllung des Saugraumes relativ langsam erfolgt. Dies hat bei niedrigen Eingangsdrücken einen schlechten Füllgrad der Vakuum-Verdrängerpumpe zur Folge, der nur durch Verlängerung der Öffnungszeiten des Einlassventiles, also durch eine Verringerung der Drehzahl verbessert werden kann.

Aus DE 198 16 241 C1 ist eine Vakuum-Verdrängerpumpe bekannt, die in Abhängigkeit von einem Eingangsdruck-Wert mit zwei verschiedenen Drehzahlen betrieben wird, nämlich mit einer hohen Drehzahl zum Evakuieren und mit einer niedrigen Drehzahl zum Erreichen eines niedrigstmöglichen Enddruckes. Vom Pumpbeginn bis zum Erreichen des Enddruckes wird relativ viel Zeit benötigt.

Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, ein Verfahren bzw. eine Vakuum-Verdrängerpumpe zu schaffen, mit dem bzw. mit der der Enddruck schneller erreicht werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen der Ansprüche 1, 3 bzw. 10 gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren gemäß Anspruch 1 zur Steuerung eines Antriebsmotors einer Vakuum-Verdrängerpumpe weist die Verfahrensschritte Speichern einer Druck-Drehzahl-Kurve, Ermittlung des Eingangsdruck-Wertes, Drehzahl-Wert-Ermittlung aus der Kurve und Betrieb des Antriebsmotors mit dem ermittelten Drehzahl-Wert auf.

Zunächst wird eine Kurve gespeichert, in der für Eingangsdruckwerte p größer oder gleich einem oberen Grenzdruck p_1 ein ein-

ziger konstanter oberer Drehzahl-Wert n_1 zugeordnet ist, und die einen Änderungsbereich für Eingangsdruck-Werte p kleiner dem oberen Grenzdruck p_1 aufweist, wobei in dem Änderungsbereich den Eingangsdruck-Werten p verschiedene Drehzahl-Werte n_v zugeordnet sind.

Bei Betrieb des Antriebsmotors wird ständig der Eingangsdruck-Wert p ermittelt, aus dem Eingangsdruck-Wert p in der Kurve die zugeordnete Drehzahl n ermittelt, sowie der Antriebsmotor mit der ermittelten Drehzahl n betrieben. Während bei hohen Eingangsdruck-Werten p oberhalb des oberen Grenzdruckes p_1 der Antriebsmotor mit einer maximalen konstanten Drehzahl n_1 betrieben wird, wird für Drehzahlen unterhalb des oberen Grenzdruckes p_1 in Abhängigkeit von dem Eingangsdruck-Wert p annähernd stufenlos ein entsprechender Drehzahl-Wert n_v zugeordnet. Auf diese Weise kann das effektive Saugvermögen der Verdrängerpumpe für jeden Eingangsdruck-Wert auf einem größtmöglichen Niveau gehalten werden. Hierdurch wird die Zeit vom Beginn der Evakuierung bis zum Erreichen des Enddruckes verkürzt. Durch das Anpassen der Drehzahl an den Eingangsdruck-Wert wird die erforderliche Antriebsenergie sowie, durch das niedrigere durchschnittliche Drehzahl-Niveau, der Verschleiß reduziert. Hierdurch werden die Wartungs- und Betriebskosten reduziert, also die Wirtschaftlichkeit der Vakuum-Verdrängerpumpe verbessert.

Vorzugsweise weist die Kurve einen unteren Bereich für Eingangsdruck-Werte p kleiner oder gleich einem unteren Grenzdruck p_2 auf, wobei dem unterem Bereich ein einziger konstanter unterer Drehzahl-Wert n_2 zugeordnet ist und der Änderungsbereich auf Eingangsdruck-Werte p größer dem unteren Grenzdruckbereich p_2 begrenzt ist. Die Kurve weist also sowohl einen oberen Druck-Bereich konstanter Drehzahl als auch einen unteren Druck-

Bereich konstanter Drehzahl sowie, zwischen den beiden genannten Bereichen, einen Änderungsbereich nichtkonstanter Drehzahl auf. Eine derartige Kurve ist beispielsweise bei Vorvakuumumpumpen notwendig und sinnvoll, die für eine Pumpwirkung eine gewisse Mindestdrehzahl erfordern, da unterhalb der Mindestdrehzahl insbesondere durch Rückströmverluste keine Pumpwirkung mehr vorhanden ist. Dies trifft beispielsweise auf ölgedichtete Drehschieberpumpen zu. Hierdurch wird sichergestellt, dass die Vakuum-Verdrängerpumpe stets oberhalb einer Drehzahl betrieben wird, bei der die Pumpfunktion auch bei sehr niedrigen Eingangsdrücken noch gewährleistet ist.

Gemäß einem nebengeordneten Verfahrensanspruch 3 weist die Kurve im Unterschied zum Verfahrensanspruch 1 statt eines oberen Bereiches einen unteren Bereich für Eingangsdruck-Werte p kleiner oder gleich einem unteren Grenzdruck p_2 auf, wobei dem unteren Bereich eine einzige konstante untere Drehzahl n_2 zugeordnet ist.

Vorzugsweise sind im Änderungsbereich abfallenden Eingangsdruck-Werten p abfallende Drehzahlen n_v zugeordnet, d.h. niedrigen Eingangsdruck-Werten p sind niedrige Drehzahl-Werte n_v zugeordnet.

Vorzugsweise liegt der obere Grenzdruck p_1 zwischen 20 mbar und 1 mbar und liegt der untere Grenzdruck p_2 zwischen 1,0 mbar und 0,005 mbar, wobei der obere Grenzdruck p_1 größer ist als der untere Grenzdruck p_2 .

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung liegt der obere konstante Drehzahlwert n_1 zwischen 2.200 und 1.000 U/min und liegt der untere konstante Drehzahl-Wert n_2 zwischen 300 und 1.300 U/min,

wobei der obere konstante Drehzahl-Wert n_1 größer als der untere konstante Drehzahl-Wert n_2 ist.

Vorzugsweise ist die Verdrängerpumpe eine einer Hochvakuumpumpe vorgeschaltete Vorvakuumpumpe und ist der Eingangsdruck-Wert p der saugseitige Druck der Hochvakuumpumpe. Der Eingangsdruck-Wert p ist also der Druck in dem durch die Hochvakuumpumpe evakuierten Rezipienten. Alternativ kann der Eingangsdruck-Wert p auch der Vorvakuumdruck unmittelbar vor dem Eingang der Vorvakuumpumpe sein.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist die Eingangsdruck-Drehzahl-Kurve in einem Kennfeldspeicher hinterlegt. In dem Kennfeldspeicher ist jedem Eingangsdruck-Wert p eine entsprechende Drehzahl n zugeordnet.

Vorzugsweise ist der Antriebsmotor ein Asynchronmotor, der von einem entsprechend angesteuerten Frequenzumformer angesteuert wird. Der Antriebsmotor kann aber auch als Synchronmotor ausgeführt sein.

Die erfindungsgemäße Vakuum-Verdrängerpumpe weist einen Antriebsmotor, einen Eingangsdruck-Sensor und eine Antriebsmotor-Steuerung auf, die die Drehzahl n des Antriebsmotors in Abhängigkeit von dem durch den Eingangsdruck-Sensor ermittelten Eingangsdruck-Wert p steuert. Ferner weist die Antriebsmotor-Steuerung einen Speicher auf, in dem eine Kurve gespeichert ist, die für Eingangsdruck-Werte p des Eingangsdruck-Sensors jeweils eine Drehzahl n des Antriebsmotors angibt, wobei die Kurve zwei Bereiche aufweist: Der erste Bereich ist ein oberer Bereich für Eingangsdruck-Werte p größer oder gleich einem oberen Grenzdruck p_1 , dem ein einziger konstanter oberer Drehzahl-Wert n_1 zugeordnet ist. Der zweite Bereich ist ein Änderungsbe-

reich für Eingangsdruck-Werte p kleiner dem oberen Grenzdruck p_1 , wobei in dem Änderungsbereich den Eingangsdruck-Werten p verschiedene Drehzahl-Werte n_v zugeordnet sind.

Vorzugsweise weist die Antriebsmotor-Steuerung einen Prozessor auf, mit dem der Eingangsdruck-Sensor verbunden ist und der die Signale des Eingangsdruck-Sensors auswertet. Die ausgewerteten Eingangsdruck-Sensor-Signale können einer der Vakuum-Verdrängerpumpe zugeordneten Druckanzeige zugeführt werden. Die Eingangsdruck-Sensor-Signale werden also von der Antriebsmotor-Steuerung nicht nur im Hinblick auf die Steuerung des Antriebsmotors ausgewertet, sondern auch in ein Anzeigeformat umgewandelt und schließlich einer der Vakuumpumpe zugeordneten Anzeige zugeführt. Hierdurch erübrigt sich eine separate Auswerte- und Anzeigevorrichtung für das Anzeigen des Eingangsdruckes.

Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf die Figuren ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Pumpenanordnung mit einer erfindungsgemäßen Vakuum-Verdrängerpumpe als Vorvakuumpumpe und einer Hochvakuumpumpe, und

Fig. 2 einer Eingangsdruck/Drehzahl-Kurve, nach der die Drehzahl des Antriebsmotors der Vakuum-Verdrängerpumpe gesteuert wird.

In der Figur 1 ist schematisch eine Pumpenanordnung 10 dargestellt, die der Erzeugung eines Hochvakuums in einem Rezipienten 12 dient. Zur Erzeugung des Hochvakuums in dem Rezipienten 12 sind zwei Pumpen hintereinander geschaltet, nämlich eine

Hochvakuumpumpe 14, beispielsweise eine Turbomolekularpumpe, und eine Vakuum-Verdrängerpumpe 16 als Vorvakuumpumpe, beispielsweise eine Membran-, Kolben- oder Drehschieberpumpe.

Die Vakuum-Verdrängerpumpe 16 weist im Wesentlichen eine Pumpvorrichtung 18 mit einem Verdränger in einem Pumpraum, einen Antriebsmotor 20 zum Antrieb der Pumpvorrichtung 18 und eine Antriebsmotor-Steuerung 22 zur Steuerung und Energieversorgung des Antriebsmotors 20 auf. Der Antriebsmotor 20 ist als Synchronmotor ausgebildet.

Ferner weist die Pumpenanordnung 10 zwei Eingangsdruck-Sensoren 24, 26 auf, wobei der eine Eingangsdruck-Sensor 24 den Vorvakuumdruck unmittelbar am Einlass der Vakuum-Verdrängerpumpe 16 ermittelt und der andere Eingangsdruck-Sensor 26 den Hochvakuumdruck in dem Rezipienten 12 ermittelt. Beide Eingangsdruck-Sensoren 24, 26 sind mit einem Prozessor 28 der Antriebsmotor-Steuerung 22 verbunden, an den sie kontinuierlich Eingangsdruck-Werte p liefern. Die Antriebsmotor-Steuerung 22 weist ferner einen Frequenzumformer 30 auf, der von dem Prozessor 28 angesteuert wird und mit dem Antriebsmotor 20 verbunden ist. Der der Vakuum-Verdrängerpumpe 16 zugeordnete Eingangsdruck-Sensor 24 kann auch in die Vakuum-Verdrängerpumpe 16 integriert sein.

Der Prozessor 28 weist einen ~~Kernfeld~~Speicher auf, in dem eine Kurve 32 hinterlegt ist, in der Eingangsdruck-Werten p jeweils eine Drehzahl n des Antriebsmotors 20 zugeordnet ist.

Die Kurve 32 weist einen oberen Bereich 34 auf, der sich von dem atmosphärischen Druck 1.013 mbar bis zu einem oberen Grenzdruck p_1 von 10 mbar erstreckt. Dem oberen Bereich 34 der Kurve 32 ist ein einziger konstanter oberer Drehzahl-Wert n_1 zugeordnet.

net. Zwischen dem oberen Grenzdruck p_1 und einem unteren Grenzdruck p_2 , der ungefähr bei 0,01 mbar liegt, weist die Kurve 32 ein Änderungsbereich 36 auf, in dem den Eingangsdruck-Werten p verschiedene Drehzahl-Werte n_v zugeordnet sind. In dem Änderungsbereich 36 der Kurve 32 sind den fallenden Eingangsdruck-Werten p fallende Drehzahlen n_v zugeordnet. Jedem Eingangsdruck-Wert p ist im Änderungsbereich 36 ein anderer Drehzahl-Wert n_v zugeordnet. Die Kurve 32 weist ferner einen unteren Bereich 38 für Eingangsdruck-Werte p kleiner oder gleich dem unteren Grenzdruck p_2 auf. In dem unteren Bereich 38 der Kurve 32 ist allen Eingangsdruck-Werten p ein einziger Drehzahl-Wert n_2 zugeordnet.

Bei einer als Kolbenpumpe ausgebildeten Pumpvorrichtung 18 beträgt der obere Drehzahl-Wert n_1 beispielsweise ca. 1.800 U/min und der untere Drehzahl-Wert n_2 500 U/min. Bei einer Ausbildung der Pumpvorrichtung 18 als ölgedichtete Drehschieberpumpe liegt der obere Drehzahl-Wert n_1 beispielsweise bei 2.100 U/min und der untere Drehzahl-Wert n_2 bei 1.000 U/min.

Als Eingangsdruck-Wert p dient der Hochvakuumdruck, der von dem an dem Rezipienten 12 und saugseitig der Hochvakuumpumpe 14 angeordneten Eingangsdruck-Sensor 26 geliefert wird. Alternativ kann jedoch auch der Vorvakuumdruck des Eingangsdruck-Sensors 24 der Ermittlung der Eingangsdruck-Werte p dienen.

Der Verlauf der Kurve 32, die Grenzdrücke p_1 und p_2 und der obere und untere Drehzahl-Wert n_1 und n_2 werden durch Versuchsreihen ermittelt, um für jeden Eingangsdruck-Wert p eine Drehzahl des Antriebsmotors 20 zu ermitteln, bei der ein maximales effektives Saugvermögen der Verdrängerpumpe 16 erreicht wird. Die ermittelte Kurve wird anschließend in dem Kennfeldspeicher des Prozessors 28 gespeichert. Bei Betrieb der Pumpen-

anordnung 10 wird durch die Antriebsmotor-Steuerung 22 die Drehzahl n des Antriebsmotors 20 in Abhängigkeit von dem Hochvakuum-Eingangsdruck-Wert p aus der in dem Kennfeldspeicher hinterlegten Kurve 32 ermittelt. Der ermittelte Drehzahl-Wert n wird an den Frequenzumformer 30 ausgegeben, der entsprechende Drehfelder in den Statorspulen des als Asynchron- oder Synchronmotor ausgebildeten Antriebsmotors 20 generiert und mit der ermittelten Drehzahl betreibt. Auf diese Weise kann die Verdrängerpumpe 16 stets mit dem maximalen effektiven Saugvermögen betrieben werden.

Der Prozessor 28 der Antriebsmotor-Steuerung 22 übernimmt ferner die Auswertung und Umwandlung der Signale des Eingangsdruck-Sensors 24 in ein Anzeigeformat. Die in das Anzeigeformat umgewandelten Eingangsdrücke werden einer Anzeigevorrichtung zugeführt, die an der Vakuum-Verdrängerpumpe 16 angeordnet ist, beispielsweise am Gehäuse der Antriebsmotor-Steuerung 22. Die Anzeigevorrichtung kann auch zur Anzeige der Drehzahl genutzt werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Steuerung eines Antriebsmotors (20) einer Vakuum-Verdrängerpumpe (16), mit den Schritten:

Speichern einer Kurve (32), die für Eingangsdruck-Werte p jeweils eine Drehzahl n des Antriebsmotors (20) angibt, wobei die Kurve (32) aufweist:

- einen oberen Bereich (34) für Eingangsdruck-Werte p größer oder gleich einem oberen Grenzdruck p_1 , dem ein einziger konstanter oberer Drehzahl-Wert n_1 zugeordnet ist, und
- einen Änderungsbereich (36) für Eingangsdruck-Werte p kleiner dem oberen Grenzdruck p_1 , wobei in dem Änderungsbereich den Eingangsdruck-Werten p verschiedene Drehzahl-Werte n_v zugeordnet sind,

Ermitteln des Eingangsdruck-Wertes p ,

Ermitteln der dem Eingangsdruck-Wert p in der Kurve (32) zugeordneten Drehzahl n , und

Betrieb des Antriebsmotors (20) mit der ermittelten Drehzahl n .

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kurve (32) einen unteren Bereich (38) für Eingangsdruck-Werte p kleiner oder gleich einem unteren Grenzdruck p_2 aufweist, dem unteren Bereich (38) ein einziger konstanter unterer Drehzahl-Wert n_2 zugeordnet ist, und

der Änderungsbereich (36) auf Eingangsdruck-Werte p größer dem unteren Grenzdruck p_2 begrenzt ist.

3. Verfahren zur Steuerung eines Antriebmotors (20) einer Vakuum-Verdrängerpumpe (16), mit den Schritten:

Speichern einer Kurve (32), die für Eingangsdruck-Werte p jeweils eine Drehzahl n des Antriebsmotors (20) angibt, wobei die Kurve (32) aufweist:

- einen unteren Bereich (38) für Eingangsdruck-Werte p kleiner oder gleich einem unteren Grenzdruck p_2 , dem eine einzige konstante untere Drehzahl n_2 zugeordnet ist,
- einen Änderungsbereich (36) für Eingangsdruck-Werte p größer dem unteren Grenzdruck p_2 , wobei in dem Änderungsbereich (36) den Eingangsdruck-Werten p verschiedene Drehzahl-Werte n_v zugeordnet sind,

Ermitteln des Eingangsdruck-Wertes p ,

Ermitteln der dem Eingangsdruck-Wert p in der Kurve (32) zugeordneten Drehzahl n , und

Betrieb des Antriebsmotors (20) mit der ermittelten Drehzahl n .

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, dass im Änderungsbereich (36) abfallenden Eingangsdruck-Werten p abfallende Drehzahlen n_v zugeordnet sind.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, dass der obere Grenzdruck p_1 zwischen 20 mbar und 1 mbar liegt und der untere Grenzdruck p_2 zwischen 1,0 mbar und 0,005 mbar liegt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, dass der obere konstante Drehzahl-Wert n_1 zwischen 2.200 und 1.000 U/min und der untere konstante Drehzahl-Wert n_2 zwischen 300 und 1.300 U/min liegt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, dass die Vakuum-Verdrängerpumpe (16) eine einer Hochvakuumpumpe (14) vorgeschaltete Vorvakuumpumpe und der Eingangsdruck-Wert p der saugseitige Druck der Hochvakuumpumpe (14) ist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-7, dadurch gekennzeichnet, dass die Kurve (32) in einem Kennfeldspeicher hinterlegt ist.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-8, dadurch gekennzeichnet, dass der Antriebsmotor (20) ein Asynchronmotor ist.
10. Vakuum-Verdrängerpumpe (16) mit einem Antriebsmotor (20), einem Eingangsdruck-Sensor (24) und einer Antriebsmotor-Steuerung (22), die die Drehzahl n des Antriebsmotors (20) in Abhängigkeit von dem durch den Eingangsdruck-Sensor (24) ermittelten Eingangsdruck-Wert p steuert,

wobei die Antriebsmotor-Steuerung (22) einen Speicher aufweist, in dem eine Kurve (32) gespeichert ist, die für

Eingangsdruck-Werte p des Eingangsdruck-Sensors (24) jeweils eine Drehzahl n des Antriebsmotors (20) angibt, wobei die Kurve (32) aufweist:

einen oberen Bereich (34) für Eingangsdruck-Werte p größer oder gleich einem oberen Grenzdruck p_1 , dem ein einziger konstanter oberer Drehzahl-Wert n_1 zugeordnet ist, und

einen Änderungsbereich (36) für Eingangsdruck-Werte p kleiner dem oberen Grenzdruck p_1 , wobei in dem Änderungsbereich (36) den Eingangsdruck-Werten p verschiedene Drehzahl-Werte n_v zugeordnet sind.

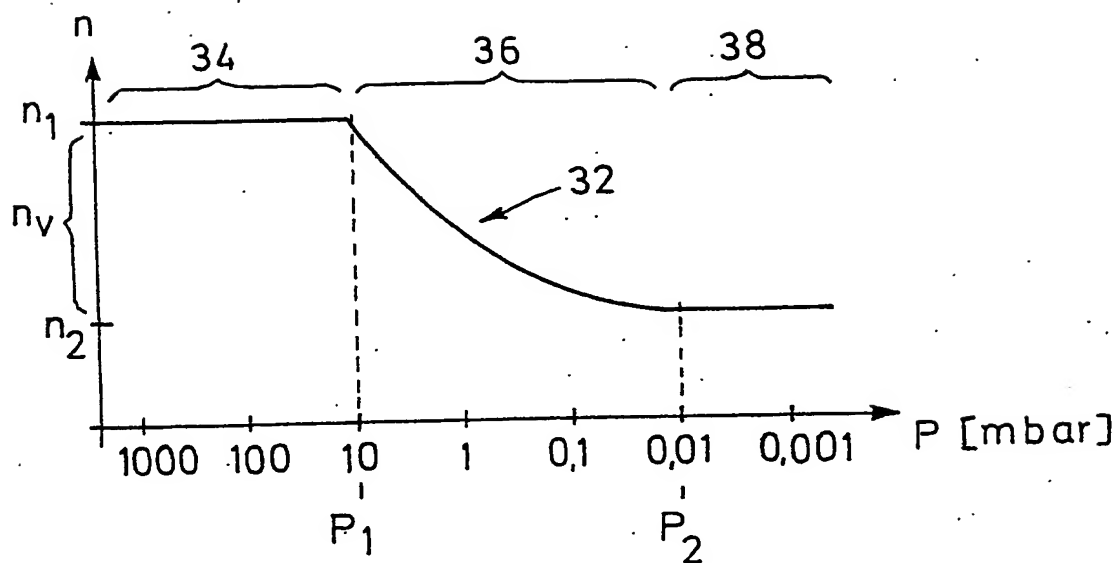
11. Vakuum-Verdrängerpumpe nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebsmotor-Steuerung (22) einen Prozessor (28) aufweist, mit dem der Eingangsdruck-Sensor (24) verbunden ist und der die Signale des Eingangsdruck-Sensors (24) auswertet.

ZUSAMMENFASSUNG

Verfahren zur Steuerung eines Antriebsmotors einer Vakuum-Verdrängerpumpe

Ein Verfahren zur Steuerung eines Antriebsmotors einer Vakuum-Verdrängerpumpe weist folgende Verfahrensschritte auf: Speichern einer Kurve (32), die für Eingangsdruck-Werte p jeweils einen Drehzahl-Wert n des Antriebsmotors angibt, wobei die Kurve (32) aufweist: Einen oberen Bereich (34) für Eingangsdruck-Werte p größer oder gleich einem oberen Grenzdruck p_1 , dem ein einziger konstanter oberer Drehzahl-Wert n_1 zugeordnet ist und einen Änderungsbereich (36) für Eingangsdruck-Werte p kleiner dem oberen Grenzdruck p_1 , wobei in dem Änderungsbereich in den Eingangsdruck-Werten p verschiedene Drehzahl-Werte n_v zugeordnet sind: Ermitteln des Eingangsdruck-Wertes p , Ermitteln der dem Eingangsdruck-Wert p in der Kurve (32) zugeordneten Drehzahl n und Betrieb des Antriebsmotors mit der ermittelten Drehzahl n . Durch das Vorsehen eines Änderungsbereiches kann die Vakuumpumpe stets mit einer Drehzahl betrieben werden, bei der das effektive Saugvermögen der Verdrängerpumpe maximal ist.

(Fig. 2)



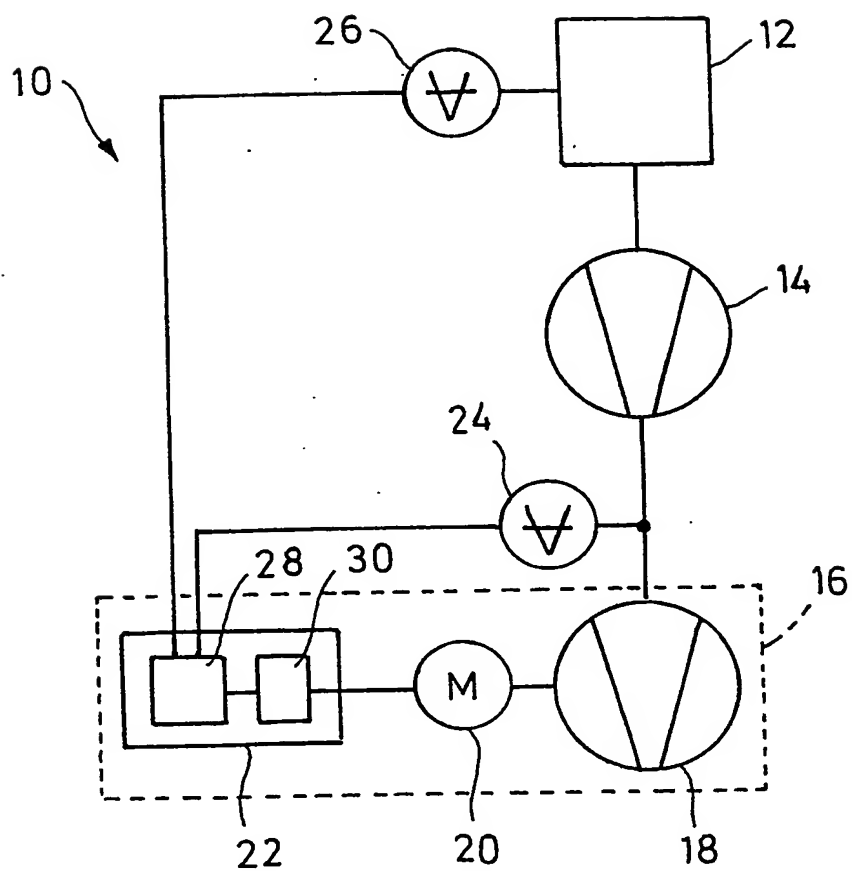


Fig.1

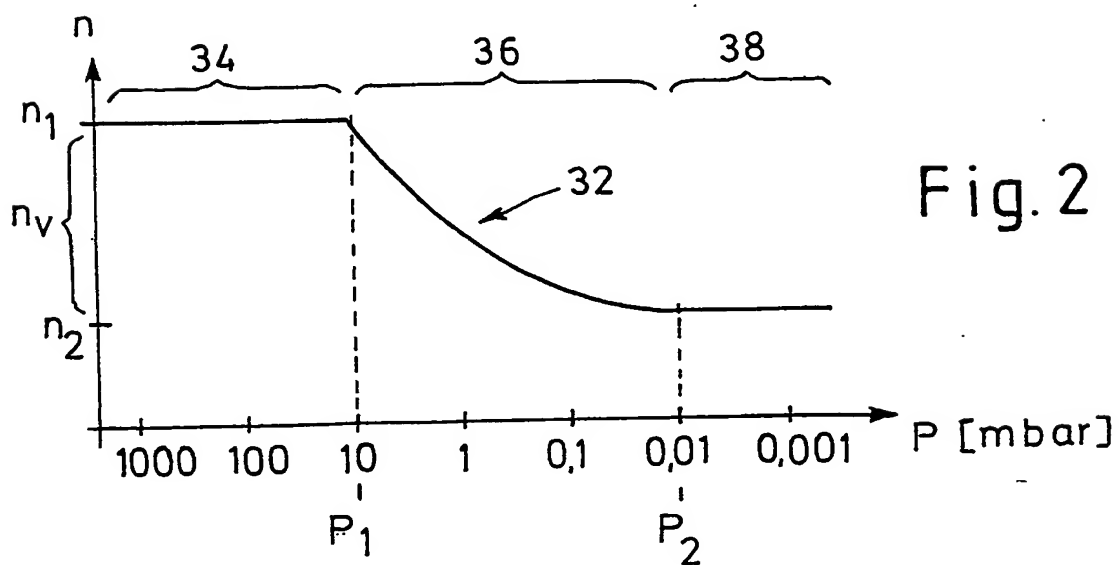


Fig.2

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.